

Contaminación aguda por vertidos textiles: Tratamiento de carpines dorados (*Carassius auratus*) con dicromato potásico; determinación de la toxicidad y niveles de cromo en branquias

M. C. Riva, R. Flos*, M. Crespi, J. Balasch*

Instituto de Investigación Textil

Cooperación Industrial.

* Cátedra de Fisiología Animal. Universidad Autónoma de Barcelona.

RESUMEN

El cromo es el metal pesado cuantitativamente más importante en el vertido de la Industria Textil; procede esencialmente de los procesos de tintura con colorantes cromatables.

Hemos sometido carpines dorados al tratamiento agudo con dicromato potásico disuelto en el agua de tanques experimentales.

Se determina la toxicidad y los niveles de cromo en branquias.

La concentración de cromo en el tejido branquial se halla mediante espectrofotometría de absorción atómica, previa digestión con HNO_3 y HCl (1:3).

Se establecen las curvas «% Mortalidad-Tiempo de tratamiento» para dosis de cromo hexavalente.

RESUME

Le chrome est le métal lourd quantitativement le plus important dans les rejets de l'Industrie Textile; il provient essentiellement des processus de teinture avec colorants chromatables.

On a soumis des petites carpes dorées au traitement aigu avec du dichromate de potassium dissous dans l'eau de réservoirs expérimentaux. On détermine la toxicité et les niveaux de chrome dans les branchies. On trouve la concentration de chrome dans le tissu branchial moyennant spectrophotométrie d'absorption atomique, digestion préalable avec NO_3H et ClH (1:3).

On établit les courbes «% Mortalité-Temps de traitement» pour doses de chrome hexavalent.

SUMMARY

Chromium is quantitatively the most important metal in the rejects of the

Textile Industry; it comes essentially from dyeing processes with chromatable dyes.

Carps of the species "*Carassius auratus*" have been submitted to the acute treatment with potassium dichromate dissolved in the water of experimental tanks.

Toxicity and chromium levels in branchia are determined.

The chromium concentration in the branchial tissues is obtained by means of atomic absorption spectrophotometry, previous digestion with NO_3H and ClH (1:3).

Curves "% Mortality-Time of treatment" for doses of hexavalent chromium are established.

INTRODUCCION

La contaminación presente en una gran parte de nuestras aguas continentales y litorales es el resultado sin duda del crecimiento e implantación de centros industriales a lo largo de los cauces de agua, así como de las numerosas zonas urbanas que vierten sus aguas residuales a la red fluvial.

La industria textil no está al margen de esta realidad. Comprende un conjunto de industrias cuya actividad se centra en la fibra textil. La variedad de fibras textiles existentes y los tratamientos que deben sufrir, hace que estas industrias sean numerosas y variadas. Cada una de las actividades da lugar a la formación de un agua residual según el tratamiento efectuado en una u otra fábrica.

Los efluentes textiles contienen compuestos en disolución, en forma coloidal o en suspensión, de naturaleza química muy diversa que los contaminan variando la composición y el caudal considerablemente con el tiempo. Sin embargo se aprecia una concentración creciente de productos tóxicos como metales pesados, compuestos organoclorados o sustancias sintetizadas recientemente de efectos desconocidos en el interior de los organismos en el transcurso de las redes tróficas.

Los vertidos de sustancias en principio no consideradas como tóxicas, biodegradables y fertilizantes producen un desequilibrio de las condiciones de vida, de tal manera, que no puede afirmarse que los daños causados sean menos graves que los ocasionados por los productos considerados realmente como tóxicos.

En cuanto a los tóxicos pertenecientes a la categoría de los metales pesados, es sin duda el Cromo el más importante de los presentes en los efluentes textiles y casi en su totalidad proviene de los procesos de tintura con colorantes cromatables.

Dicho metal puede presentarse en varios estados de oxidación, desde Cr^{2+} a Cr^{6+} , siendo la forma trivalente la más abundante en la naturaleza, y la hexavalente se cree que es la que presenta mayor grado de toxicidad.

Realmente es muy importante la valencia en que se encuentre el cromo, pues según ella se producen diferencias de ligamiento en los sistemas biológicos (W. Mertz 1969).

El Cr^{6+} estaría en un compartimiento de intercambio (turnover) rápido, disuelto en el citosol celular y otros líquidos fisiológicos, mientras que el Cr^{3+} actuaría en un compartimiento de intercambio lento ligándose a las proteínas tisulares. (D. R. Buhler-R. M. Stokes-R. Caldwell 1977).

La actividad biológica del cromo queda restringida al estado trivalente, abundando en el pH sanguíneo y pudiendo ser excretado por el aparato uri-

nario de los animales acuáticos, mamíferos y hombre. (R. J. Collins 1958), (F. J. Feldman 1968) (W. H. O. 1973).

No es del todo conocida la función que este metal desempeña en los seres vivos, sin embargo mediante los estudios realizados en organismos acuáticos, se sabe que hay tres posibles vías por las que el cromo hexavalente entra en el pez desde las aguas: Absorción a través de la piel, canal de alimentación y branquias.

Las laminillas branquiales son la vía más importante de entrada, siendo luego transportado por la sangre a los distintos órganos. (J. Knoll-P. O. Fromm 1960), (P. O. Fromm-R. M. Stokes 1962).

Así pues, el objetivo del presente estudio es la observación del modo en que el Cr^{6+} afecta a los carpines dorados «*Carassius auratus*», determinando la toxicidad y los niveles del metal en branquias estableciendo las curvas de mortalidad-tiempo de tratamiento para las distintas dosis de cromo hexavalente.

MATERIAL Y METODOS

Los experimentos fueron realizados con 72 ejemplares del pez *Carassius auratus* (carpín dorado) de 4-7 gr. de peso que fueron mantenidos y aclimatados en el laboratorio durante dos semanas antes de ser utilizados (J. B. Sprague 1973), en un agua con las siguientes características:

pH	7,8 \pm 0,1
O ₂ disuelto	8,5 \pm 0,3 mg/l
Cloro libre	0 $\mu\text{g/l}$
Cloro combinado	0 $\mu\text{g/l}$
Sales disueltas	770 mg/l
Dureza	27° F.
Carbono total	33,5 mg/l
Inorgánico	28,5 mg/l
Orgánico	5 mg/l

Los ensayos se llevaron a cabo mediante aguas de igual composición adicionando distintas cantidades de la sal dicromato potásico ($\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$).

En todos los acuarios la concentración de oxígeno en el agua fue mantenida a nivel de saturación haciendo burbujear aire constantemente.

Se sabe que durante el periodo de aclimatación tan sólo se precisa de 1 mg/l de oxígeno lo que supone 0,5 mg O₂/g de pez pero no obstante, se les suministró en grandes cantidades para mantener dicho parámetro constante al igual que todos los demás durante todos los ensayos.

Cada grupo fue mantenido en 20 litros de agua, lo que equivale aproximadamente a 0,5 l/g de peso siguiendo el método de Sprague adecuado a especies propias de habitats con poca corriente.

Los 72 ejemplares fueron divididos en 9 grupos de 8 peces cada uno, correspondientes a un grupo control y el resto sometido a elevadas dosis de metal: 200, 170, 150, 130, y 110 ppm, manteniendo la temperatura de la serie a 22°C.

Además, y para observar la influencia de la temperatura se realizaron tres ensayos más con concentraciones de 130 y 170 ppm de cromo hexavalente sometiéndoles a temperaturas de 24 y 26°C en el primer caso y tan sólo de 24°C en el segundo.

Durante el período experimental los peces no fueron alimentados.

En los grupos tratados, los peces moribundos eran extraídos para evitar distorsiones por inmersión del cadáver en la solución de cromo. Los síntomas de muerte considerados fueron: inmovilidad, respiración forzada, volcados boca arriba (overturned) y situación próxima al burbujeador.

Tras la extracción del tejido branquial, éste fue preparado de la siguiente forma: lavado con abundante agua y secado en una estufa hasta lograr el peso seco. Posteriormente se efectuó una digestión ácida con HNO_3 y HCL (1:3) y la concentración de cromo en el tejido branquial se midió mediante la técnica de Espectrofotometría de Absorción Atómica.

Los resultados fueron analizados mediante el análisis de la varianza, test «t» de Student para muestras independientes y el paired «t» test, considerando un nivel de significación de 0,05.

RESULTADOS

A) TOXICIDAD

1. Influencia de la dosis de dicromato potásico en la toxicidad:

La toxicidad del dicromato potásico aumenta con la dosis como puede verse en la fig 1 (porcentajes de mortalidad respecto del tiempo de tratamiento, en horas, para dosis de Cr^{+6} de 110, 130, 150, 170 y 200 ppm a 22°C).

2. Influencia de la temperatura sobre la toxicidad del dicromato potásico:

Un incremento de temperatura provoca un aumento de la toxicidad del dicromato potásico como puede observarse en la fig 3 (porcentaje de mortalidad respecto al tiempo de tratamiento, en horas, para dosis de Cr^{+6} de 130 y 170 ppm al variar la temperatura).

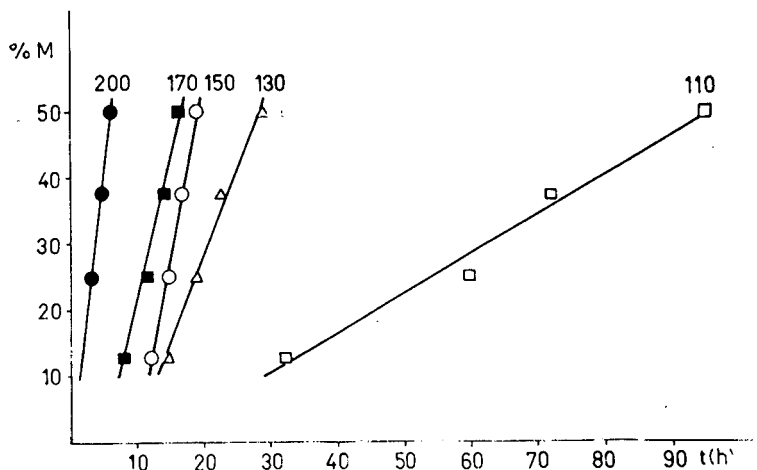


Fig. 1. En la figura 2 se representan los valores TL 50 (tiempo de tratamiento en el que se da un 50 % de mortalidad) para los distintos grupos tratados, en escala decimal.

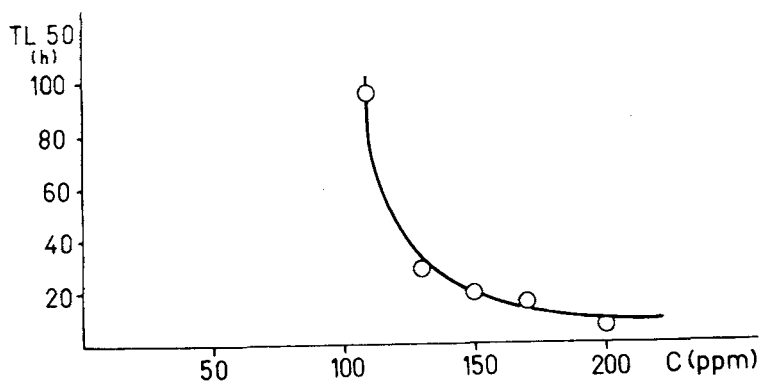


Fig. 2. A partir de estas curvas se calculan los valores de las CL 50 a 24 h, 48 h y 96 h que son de 140, 120 y 110 ppm de Cr^{+6} respectivamente.

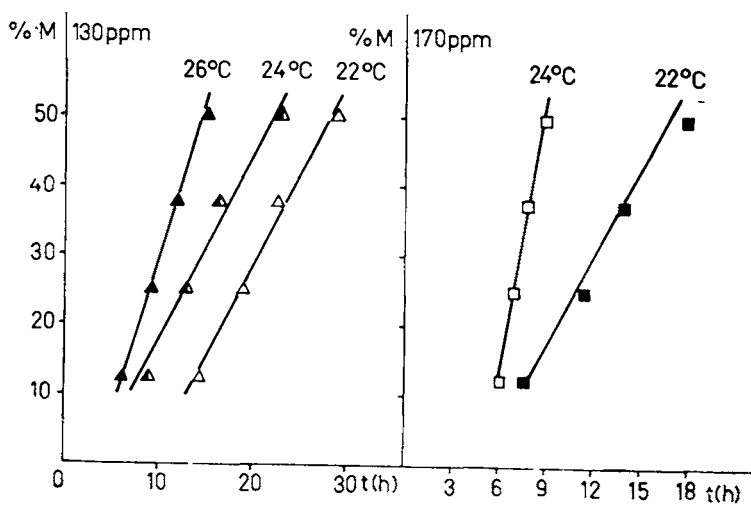


Figura 3

B) NIVELES DE CROMO EN BRANQUIAS Y TOXICIDAD

1. Peces Control

La concentración de cromo en las branquias de los animales control presentó una media \pm desviación estandar de $54,81 \pm 16,96 \mu\text{g/g}$ peso seco.

2. Peces tratados con dicromato potásico

En la tabla se resumen los resultados hallados para los 8 grupos de peces tratados con 110, 130, 150, 170 y 200 ppm de cromo a 22°C , 130 ppm a 24°C y 26°C y 170 ppm a 24°C . Para cada grupo se presentan la media \pm desviación estandar para los animales moribundos (el 50 % del total), para el resto de animales tratados y para el conjunto de todos ellos.

T A B L A

Tª	22°C				
C	110 ppm	130 ppm	150 ppm	170 ppm	200 ppm
\bar{X} M	298,21	201,40	334,51	228,80	329,70
σ	78,24	40,26	127,23	71,61	34,46
\bar{X} V	283,03	120,49	292,09	238,79	225,89
σ	104,64	63,64	86,07	108,14	84,02
$\bar{X}M+V$	289,54	160,94	313,30	233,79	277,79
σ	87,07	65,58	103,09	85,08	81,32

Tª	24°C	26°C	24°C
C	130 ppm	130 ppm	170 ppm
\bar{X} M	267,47	151,26	185,08
σ	42,54	83,27	41,54
\bar{X} V	180,48	105,87	174,39
σ	37,72	48,28	116,99
\bar{X} M+V	223,97	128,56	179,74
σ	59,56	67,52	81,47

Presentación de la media \pm desviación estandar para todos los grupos de peces tratados (animales moribundos 50 % y vivos 50 %).

Los niveles de metal se dan en $\mu\text{g Cr/g}$ peso seco, a las distintas temperaturas. Los peces control presentaron:

$$\begin{aligned}\bar{X} M + V &= 54,81 \\ \sigma &= 16,96\end{aligned}$$

3. Efecto del tratamiento con dicromato potásico en los niveles del metal en las branquias

Todos los grupos tratados acumularon significativamente cromo en sus branquias en relación a los animales control (Test «t» Student para muestras independientes).

4. Efecto de la dosis en los niveles de cromo en las branquias

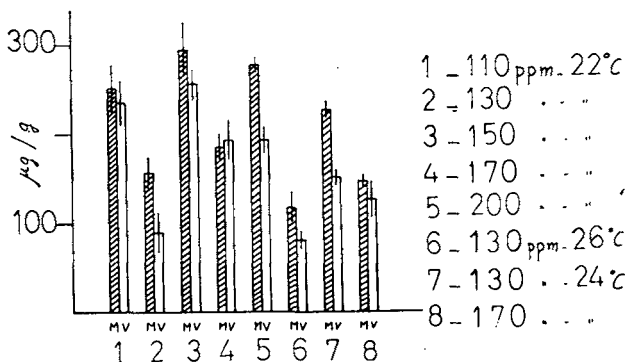
El análisis de la varianza de los datos obtenidos para los grupos tratados con distintas dosis a una misma temperatura (22°C) mostró una influencia de la dosis en los niveles del metal en branquias, pero al aplicar el test de la «t» de Student para comparar los distintos grupos se puso de manifiesto que sólo

el grupo tratado con 130 ppm difería significativamente del de 110, 150 y 200 ppm, no difiriendo entre sí ninguno de los otros grupos.

5. Niveles de cromo en las branquias de los peces vivos tratados en relación a los de los peces moribundos

Con el término de «peces vivos tratados» se definen los animales que fueron extraídos una vez lo habían sido el 50 % del grupo que estaban ya moribundos.

En la figura 4 se representan los valores (media \pm error estandar para los peces moribundos y vivos de cada uno de los grupos tratados. Puede observarse que en todos los casos menos uno la media de las concentraciones de cromo en las branquias de los animales moribundos es mayor que la media de los animales vivos tratados para el mismo grupo. Analizados los datos mediante el test «paired T test» la diferencia entre los niveles en moribundos y en vivos tratados es significativa.



6. Efectos de la dosis considerando como poblaciones separadas los animales moribundos y los vivos tratados

El análisis de la varianza en cada conjunto de grupos no mostró una influencia significativa de la dosis de tratamiento en los niveles de cromo en las branquias de los peces.

7. Efectos de la temperatura en los niveles de cromo en las branquias

El análisis de la varianza para los grupos tratados con 130 ppm a 22° C, 24°C y 26° C, no mostró una influencia significativa en los niveles de cromo en las branquias ni en los peces moribundos ni en los vivos tratados. Para los peces tratados con 170 ppm a 22°C y 24°C tampoco se encontraron diferencias significativas («t» Student) entre las medias de los distintos grupos.

CONCLUSIONES

1. En el tratamiento agudo con dicromato potásico, la toxicidad aumenta con la dosis y la temperatura.
2. Se observa que las branquias de los animales tratados acumulan el metal.

3. No existen diferencias notables de acumulación en las branquias de los grupos tratados con distintas dosis a una misma temperatura, en los que en cambio la mortalidad difiere considerablemente; por tanto, no puede afirmarse que a las dosis estudiadas exista una relación entre niveles de cromo en branquias y grado de toxicidad.

4. No se observan diferencias notables de acumulación en branquias de los grupos tratados a distintas temperaturas para una misma dosis.

5. La diferencia de acumulación que puede apreciarse entre peces vivos y moribundos sugeriría que la inundación por el metal, descrita por otros autores, en animales muertos, comenzaría ya en los peces moribundos.

REFERENCIAS

- BUHLER D. R., STOKES R. M., CALDWELL R. S. (1977). Tissue Accumulation and Enzymatic Effects of Hexavalent Chromium in Rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Jour. Fish. Res. Board, can. 34: 9-18.
- COLLINS R. J. (1958). Studies on chromium excretion in the dog. Doctoral Tesis, Michigan State University.
- FELDMAN F. J. (1968). The State of chromium in biological materials. Fed. Proc. 27: 482.
- FROMM P. O. - STOKES R. M. (1962). Assimilation and metabolism of chromium by trout. Jour. Water Pollut. Control Fed. 34: 1151-1155.
- KNOLL J. - FROMM P. O. (1960). Accumulation and Elimination of hexavalent chromium in Rainbow trout. Physiol. Zool. 33: 1-8.
- MERTZ W. (1969). Chromium occurrence and function in biological systems Physiol. Rev. 49: 163-239.
- SPRAGUE J. B. (1973). «Biological Methods for the Assesment of Water Quality». Cairns J. and K. L. Dickson, Eds. Philadelphia. Pa. ASTM STP 528, 6,
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (1973). Chromium Pag. 20 in Trace elements in human nutrition. World Health organization Technical Report Series No. 532. Geneve.